

**А.А. ЧУРСИН,**

**Н.А. ЛЮБИМОВА,** Украинская инженерно-педагогическая академия

## **ОСОБЕННОСТИ И АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Відомо, що водні джерела є біологічними системами надзвичайно складної структури. У даній статті проведений аналіз функціонального контролю природного об'єкта, запропонована математична модель, обрані й розраховані критерії якості питної води, розглянуті деякі особливості функціонального контролю природного об'єкта.

It is known, that water sources are biological systems of extremely difficult structure. In given article the analysis of the functional control of natural object is carried out, the mathematical model is offered, criteria of quality of potable water are chosen and calculated, some features of the functional control of natural object are considered.

Вода – источник всего живого на Земле. Качество воды влияет на процессы, протекающие в организме человека. Можно привести много примеров, из которых вытекает главное – качество питьевой воды влияет на всю живую природу, и на венец ее творения – человека.

Сегодня в Украине качество питьевой воды резко ухудшилось. Еще несколько десятков лет назад ситуация не была столь катастрофической. Однако уже сейчас в крупных городах Украины питьевая вода, которая доставляется потребителю, обладает низким качеством (практически не пригодна для питья). Поэтому контроль качества воды – очень важная задача, которая выходит на лидирующие позиции.

Водный источник является биологической системой чрезвычайно сложной структуры. Его состояние определяется различными связями и функциями, входящими в его состав. Непрерывные процессы, протекающие в данной системе, разнообразны по своим формам и характеризуются специфической устойчивостью и чувствительностью формирования.

Контроль за непрерывными во времени процессами является прерогативой функционального контроля.

**Функциональный контроль природных объектов.** Контроль называется функциональным, если контролируемый параметр объекта выражается

скалярной или векторной зависимостью [1].

Функциональный контроль возник в промышленном производстве и в период своего становления наиболее часто назывался централизованным контролем.

Объектом функционального контроля являются различные физические явления и процессы. Они описываются пространственно-временными функциями. Контроль непрерывных технологических процессов и экологических объектов является одним из основных представителей функционального контроля. У таких объектов контролируемый параметр описывается непрерывными случайными функциями времени  $\xi(t)$ . Данная функция считается определенной в некотором интервале контроля  $[t_0, t]$ . За нижнюю границу этого интервала может быть принято начало отсчета, за верхнюю границу текущий момент времени  $t$ . Множество реализаций  $\xi(t)$ , попадающих в интервал контроля, заданный нижним  $x_n$  и верхним  $x_v$  технологическим уровнями, образуют норму.

Рассмотрим функциональный контроль на примере природного объекта (ПО). Такой объект является очень сложным образованием, в котором взаимодействуют множество разнесенных во времени и пространстве различных процессов. Каждый из них обладает специфическими, присущими лишь ему признаками и описывается некоторой реализацией  $\xi(t)$  процесса. Среди всех реализаций существуют разрешенные реализации, которые образуют некоторую область, называемую нормой  $N_x$  ПО. Она может проявляться в одной из двух форм:

- либо в форме совокупности самих реализаций  $\xi(t)$

$$x_n(t) \leq \xi(t) \leq x_v(t), \quad (1)$$

- либо в форме множества интегральных функционалов от этих реализаций.

$$x_n \leq Q\xi(t) \leq x_v. \quad (2)$$

В выражении (1)  $x_n(t)$  и  $x_v(t)$  граничные элементы нормы. В общем случае это скалярные или векторные функции времени. Часто они не зависят от времени и представляют собой фиксированные уровни ПО. Реализация  $\xi(t)$  определяет количественную определенность  $x$  ПО как объекта контроля.

В выражении (2)  $x_n$  и  $x_b$  известные числовые векторы или числа. Они определяют поле допуска функционала  $Q\xi(t)$ , который, в свою очередь, представляет собой количественную определенность  $x$  контролируемого ПО.

Функциональный контроль сводится к проверке суждения:

$$x \in N_x \quad (3)$$

Чтобы практически реализовать такую проверку необходимо соответствующее методическое и техническое обеспечение. Методическое обеспечение выливается в алгоритм, который позволяет опытным путем проверить суждение (3).

**Особенности контроля природных объектов.** При исследовании ПО необходимо учитывать, что на данную структуру активно влияет множество непрерывно изменяющихся факторов (химические, физические, биологические). Учет и анализ данных факторов и результатов их влияния на данный водный объект очень затруднителен. Для оценки состояния данной системы (вследствие неоднородности показателей даже в одном и том же источнике, но в разных его точках) необходимо знать его состояние до влияния факторов. Нельзя не учитывать, что данной структуре присущ сложный процесс авторегуляции. Сущность данного процесса состоит в возможности адаптации и восстановлении после снятия возмущающего воздействия.

Получение точных математических зависимостей между разнообразными параметрами, физиологическими процессами и функциональными показателями, которые характеризуют биологические системы, является весьма трудной задачей, так как до настоящего времени эти системы еще недостаточно изучены и не разработан адекватный математический аппарат, пригодный для их описания.

В этом плане необходимо обратить внимание на фундаментальное свойство биологических систем, которое заключается в том, что, с точки зрения термодинамики, они являются самообразующимися и самоорганизующимися, взаимодействие которых с внешней средой носит принципиально открытый характер. Для них характерны процессы синтеза и распада органических структур, роста, размножения, самосохранения, адаптации, защиты и аккомодации на фоне непрерывных процессов деструкции, которые обусловлены борьбой за существование и поиска экологических ниш с целью осуществления экспансии за захват новых пищевых ресурсов.

В этой связи живые системы имеют специфическую чувствительность, устойчивость и надежность функционирования, которые необходимо учитывать при разработке методического обеспечения автоматизированных систем контроля состояния природных гидроэкосистем.

Любой контроль качества функционирующей сложной системы предполагает наличие ответа на вопрос: **что понимать под нормой?** На этот вопрос неоднократно обращали внимание многие исследователи, в частности, в работе [2] проф. В.Д. Федоров подробно обсудил принципиальную сложность данной категории, что ставит указанную проблему на центральное место при описании и диагностировании состояния природных экосистем. В этом плане необходимо понимать, что части биологической системы не описывают свойства всей системы, которыми эти части не обладают и не могут обладать, так как нельзя определить жизнь исходя из свойств отдельных организмов или их частей, какими бы важными эти части ни были. Вот почему понятие "живая система" относится не к отдельным организмам, а ко всей совокупности живых существ, связанных определенными связями.

При построении моделей, которые необходимо реализовать для получения формализованных правил оценки качества природных экосистем, требуется понимание того, что жизнедеятельность биологических систем обеспечивается за счет постоянного притока (обмена) из окружающей среды энергии, вещества и информации. Именно эта особенность позволяет такие системы представить, как показано в работе [2], в виде трех взаимодействующих и взаимозависимых подсистем: "энергетической", "операторной" и "информационной", каждая из которых, в свою очередь, имеет специфическую структуру. В этом плане для этапа формализованного описания и построения модели необходимо установить основные закономерности исследуемого объекта. Для биологических систем таковыми являются: нестационарность функционирования, динамическое равновесие энергетических и вещественных потоков и циклов, обеспечивающих устойчивость в целом и гомеостаз в состоянии "норма"; защитные реакции в "стрессовом состоянии"; поиск альтернативного развития в "терминальном состоянии".

Большие трудности в исследованиях связаны с тем, что при измерении параметров внутренней среды биологических систем возникают нарушения их целостности, внесения возмущающих факторов в измеряемый параметр и нарушение физиологичности эксперимента в биологических исследованиях. Поэтому при разработке измерительной системы экологического мониторин-

га этот признак является ограничителем выбора измеряемого показателя вне зависимости от его приоритета и важности при использовании для описания состояния биологической системы [3].

Сложность измерений, связанная также с исключительно малыми по абсолютной величине измеряемыми величинами при больших уровнях шумов, вследствие работы других подсистем (внутренних шумов) и наводимых из внешней среды. В этой связи необходимо измерять флуктуации параметров жизнедеятельности биологических систем с последующим их анализом, в частности используя быстрое Фурье-преобразование для спектрального или корреляционного анализа с получением таких важных характеристик жизнедеятельности как биологических ритмов, отображающих состояние той или иной подсистемы.

Учитывая, что для биологических систем характерна качественная неоднородность организации, которая проявляется в том, что в рамках одной и той же функциональной системы совместно и слаженно работают разнотипные подсистемы с различными константами времени срабатывания (биологическими ритмами), с качественно разнообразными управляющими сигналами (химическими, физическими, информационными), необходимо из всего спектра частот биологических ритмов выбирать гармоники наиболее информативные с точки зрения получения экологически значимых обобщенных показателей функционирования гидрозкосистем.

Контролируемые параметры природных объектов описываются функциональными зависимостями от времени и пространственных координат, что дополнительно усложняет организацию и исследование их контроля.

Приоритетными признаками классификации технического контроля являются типы контролируемых параметров и количественных определенностей. Говоря о функциональном контроле, мы остановились лишь на математическом описании контролируемых параметров его объектов, ничего не сказав о математических моделях их количественных определенностей. Последние могут описываться как случайными функциями (процессами или полями), так и случайными величинами. В первом случае мы имеем дело с текущим, во втором - со свернутым функциональным контролем. Каждый из них имеет свои отличительные признаки в алгоритмической организации и в теоретических подходах к исследованию.

Функциональный контроль разделяется на два подкласса – текущий и свернутый. В основу классификации положен характер влияния выхода кон-

тролируемого параметра из его технологической нормы [4].

Контроль природных объектов может быть как текущим, так и свернутым. Однако в связи со специфической функцией самовосстановления, для исследования данного объекта больше подходит свернутый функциональный контроль.

Свернутый контроль – разновидность функционального контроля, которая охватывает широкий класс объектов, количественная определенность которых выражается числовыми показателями. В роли этих показателей обычно выступают функционалы от совокупности параметров.

Задачи свернутого контроля можно разделить на несколько самостоятельных задач.

В первую очередь необходимо разработать алгоритм измерения контролируемых параметров объектов контроля.

В данную задачу входит:

а) определение вероятностных свойств контролируемых параметров объекта контроля;

б) нахождения рациональных шагов дискретизации;

в) измерение значений контролируемых параметров.

Следующая задача связана с обработкой полученных результатов и вычислением обобщенного показателя.

Таким образом, рассмотрены особенности функционального контроля ПО. Предложен алгоритм измерения контролируемых параметров ПО.

Заключительная задача – задача анализа свернутого контроля, или количественной оценки его качества. Она включает в себя построение математической модели свернутого контроля, обоснование, выбор и расчет его критерия качества.

**Список литературы:** 1. *Болычевцев А.Д.* Функциональный контроль / *А.Д. Болычевцев* // Измерительная техника. – 1992. – № 10. – С 15 – 17. 2. *Федоров В.Д.* Экология / *В.Д. Федоров, Т.Г. Гильманов*. – М.: МГУ, 1980. – 464 с. 3. *Примак А.В.* Системный анализ контроля и управления качеством воздуха и воды / *А.В. Примак, В.В. Кафаров, К.И. Качиашивили*. – К.: Наукова думка, 1991. – 358 с. 4. *Болычевцев А.Д.* Текущий контроль / *А.Д. Болычевцев* // Измерительная техника. – 1993. – № 6. – С. 13 – 15.

*Поступила в редколлегию 14.05.09*